

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-114638

(43)Date of publication of application : 07.05.1996

(51)Int.Cl.

G01R 31/00

(21)Application number : 06-248224

(71)Applicant : MEIDENSHA CORP

(22)Date of filing : 14.10.1994

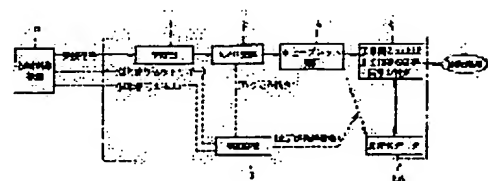
(72)Inventor : NAGASHIMA SHIZUO

## (54) MACHINERY ABNORMALITY DIAGNOSING APPARATUS

### (57)Abstract:

PURPOSE: To enable the diagnosis of abnormality effective for the change in both axis directions of frequency and time.

CONSTITUTION: The monitor signal reflecting the state of machinery D to be diagnosed is fetched in a signal fetch part 2 through a preprocessing part 1 to be converted into digital data and the synchronization due to a control unit 30 and, if necessary, the injection of a test signal are performed by fetching the monitor signal and a signal having a expanse in time and frequency is obtained by the wavelet analysis by a wavelet analyzing part 4 to the digital data and it is diagnosed whether the machinery is abnormal or normal by the statistical evaluation or pattern recognition by an abnormality diagnosing part 5 to the signal of the wavelet analytical result. Normal example data 5A has the analytical result of a normal example by wavelet analysis to normal machinery preliminarily.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the device unusual diagnostic equipment which analyzes the supervisory signal of a device and diagnoses the existence of abnormalities.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, frequency analysis of the supervisory signal which turns into an electric, acoustical, and mechanical signal reflecting the state of devices, such as an output wave of the device for a diagnosis, is carried out to the unusual diagnostic method of a device by the Fourier analysis, and there are some which diagnose by the pattern recognition statistically using evaluation or the neural network for this analysis result in it.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although the conventional unusual diagnosis is based on the Fourier analysis which is the analysis technology of a frequency domain and being excelled in analysis by the frequency space of a steady phenomenon, unarranging was to catch the change on a time-axis, and it was not necessarily that from which effective analysis is obtained in the intense section of time change.

[0004] The purpose of this invention is to offer the device unusual diagnostic equipment which enables an unusual diagnosis effective in change of frequency and both the shaft orientations of time.

[0005]

[Means for Solving the Problem] this invention carries out having had a signal incorporation means incorporates the supervisory signal reflecting the state of the device for a diagnosis, and change into digital data, a wavelet analysis means acquire the signal which gives wavelet analysis to the aforementioned digital data, and has a breadth in time and in frequency, and an unusual diagnostic means obtain an unusual and normal diagnosis of the aforementioned device with a statistical evaluation or pattern recognition to the signal of the aforementioned wavelet analysis result, in order to aim at solution of the aforementioned technical problem as the feature.

[0006]

[Function] It replaces with the Fourier analysis to a supervisory signal, the wavelet analysis which can be analyzed is applied to both the shaft orientations of frequency and time, analysis of an unsteady and transitional phenomenon is enabled, and improvement in the diagnostic performance of an abnormal condition is aimed at.

[0007]

[Example] Drawing 1 is the block diagram of a diagnostic-process system showing one example of this invention.

[0008] a frequency band limit and a noise component should remove the supervisory signal from the device D for a diagnosis by the pretreatment section 1 of the diagnostic-process system shown with a dashed line block, and \*\* it -- \*\*

[0009] The signal incorporation section 2 incorporates the supervisory signal which let

the pretreatment section 1 pass, and changes it into a digital data train by a sampling and A/D conversion.

[0010] Synchronization called incorporation instruction generating to registration of a signal incorporation trigger is made with a control unit 3 by the incorporation of these signals. Moreover, when pouring a stimulus into the incorporation of a supervisory signal and making the echo etc. into a supervisory signal, a control unit 3 pours in a stimulus to the device for a diagnosis.

[0011] The wavelet analysis section 4 gives wavelet analysis to the digital signal obtained in the signal-processing section 2, and acquires the signal which has a breadth in time and frequency.

[0012] To the signal which is acquired by wavelet analysis and which has a breadth in time and frequency, the unusual diagnostic section 5 performs pattern recognition by the statistical evaluation, the neural network, etc., calculates a discrimination index, performs comparison with normal example data 5A, judges whether the discrimination index exceeded the threshold, and obtains the unusual and normal diagnostic result of a device.

[0013] In addition, about the normal case of Device D, a control unit 3 performs same diagnostic-process operation, performs the statistical evaluation in the case of being normal, the threshold of a discrimination index with whether unusual it is normal, study of a neural network, etc., and saves them by normal example maintenance instructions at normal example data 5A.

[0014] As mentioned above, in this example, wavelet analysis of the supervisory signal is carried out, and an unusual diagnosis is performed from this analysis result. This diagnostic flow chart is shown in drawing 2, and it is shown, when continuing a diagnosis, after malfunction detection and.

[0015] In order that the diagnostic process by this example might check a bird clapper in dominance to the conventional Fourier analysis, the simulation was performed about the supervisory signal which becomes damping oscillation. Extension (attenuation of frequency) of a period advances simultaneously with attenuation of an amplitude, and this damping oscillation performed the unusual diagnosis from the difference in the time change.

[0016] It does not see, when a restoring force increases in nonlinear as such vibration is shown in drawing 3, and a variation rate becomes large, and it is not special and the signal of this damping oscillation is formulized by the following formulas.

[0017]

[Equation 1]  $Y = \sin(10 X / \exp(bX)), \exp(-0.5X)$

Y: Amplitude X:time b : as the attenuation signal of \*\*\*\*\* showed a wave to drawing 4, the normal example to hold was set to  $b = 0.10$ , and the unusual example was set to  $b = 0.11$ . Moreover, the range of analytic was made into the comparatively big section of an amplitude to time  $t = 0-2.5$ . In this range, a period is 0.1 at the time of  $X = 0$ , and the periods at the time of  $X = 2.5$  are 0.128 ( $b = 0.10$ ) and 0.131 ( $b = 0.11$ ).

[0018] (i is subscript) of a spectrum, and [0019] about power spectrum  $P1i$  (normal example) and  $P2i$  (unusual example) which were standardized by performing the Fourier analysis (power spectrum on the basis of a sign function) which is the conventional technique as it is fastidious and a period is covered, and wavelet analysis (power spectrum on the basis of the Gabor function).

[Equation 2]

$$\sum_i |P_{1i} - P_{2i}| / 2$$

[0020] The effect of each analysis technique was compared as a discrimination index which shows a difference with a \*\* normal example.

[0021] Consequently, although the discrimination index value in a Fourier analysis was 0.096, in wavelet analysis, it is set to 0.174, the way of wavelet analysis becomes sensitive by detection of the difference between a normal example and an unusual example, and it can confirm an unusual diagnosis.

[0022] Moreover, the power spectrum of the frequency analysis in wavelet analysis was graph-ized to a Fourier analysis and drawing 6 , and it was shown in drawing 5 , and in the Fourier analysis, the difference in periodic change has turned clearly more in wavelet analysis to the difference in a period being not clear so that clearly also from this graph.

[0023]

[Effect of the Invention] Since according to this invention the above passage it replaces with the Fourier analysis to a supervisory signal and the unusual diagnostic data was obtained to both the shaft orientations of frequency and time in the wavelet analysis which can be analyzed, in the conventional Fourier analysis, frequency analysis becomes possible also about the intense signal of time change which was difficult for detection, and improvement in the diagnostic performance of an abnormal condition can be aimed at.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-114638

(43) 公開日 平成8年(1996)5月7日

(51) IntCl<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 R 31/00

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-248224

(22) 出願日 平成6年(1994)10月14日

(71) 出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72) 発明者 永島 志津夫

東京都品川区大崎2丁目1番17号 株式会  
社明電舎内

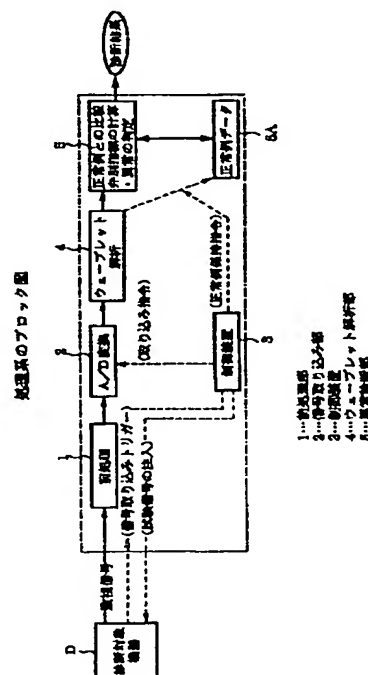
(74) 代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外1名)

(54) 【発明の名称】 機器異常診断装置

(57) 【要約】

【目的】 周波数と時間の両軸方向の変化に有効な異常診断を可能にする。

【構成】 診断対象機器Dの状態を反映する監視信号を前処理部1を通して信号取り込み部2に取り込んでデジタルデータに変換し、この信号取り込みに制御装置3による同期化及び必要に応じて試験信号の注入をし、デジタルデータに対してウェーブレット解析部4によるウェーブレット解析で時間的及び周波数的に広がりを持つ信号を得、ウェーブレット解析結果の信号に対して異常診断部5により統計の評価又はパターン識別により機器の異常・正常の診断を得る。正常例データ5Aは、正常状態の機器に対するウェーブレット解析による正常例の分析結果を予め持つ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 診断対象機器の状態を反映する監視信号を取り込んでデジタルデータに変換する信号取り込み手段と、前記デジタルデータに対してウェーブレット解析を施して時間的及び周波数的に広がりを持つ信号を得るウェーブレット解析手段と、前記ウェーブレット解析結果の信号に対して統計的評価又はパターン識別により前記機器の異常・正常の診断を得る異常診断手段とを備えたことを特徴とする機器異常診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、機器の監視信号を解析して異常の有無を診断する機器異常診断装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、機器の異常診断方式には、診断対象機器の出力波形など機器の状態を反映する電氣的、音響的、機械的な信号になる監視信号をフーリエ解析により周波数分析し、この分析結果を統計的に評価、又はニューラルネットなどを使ったパターン認識により診断を行うものがある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来の異常診断は、周波数領域の分析技術であるフーリエ解析を基本としており、定常的な現象の周波数空間での分析に優れているが、時間軸上の変化を捕らえるのに不都合があり、時間変化の激しい区間においては、必ずしも有効な分析が得られるものではなかった。

【0004】 本発明の目的は、周波数及び時間の両軸方向の変化に有効な異常診断を可能にする機器異常診断装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、前記課題の解決を図るため、診断対象機器の状態を反映する監視信号を取り込んでデジタルデータに変換する信号取り込み手段と、前記デジタルデータに対してウェーブレット解析を施して時間的及び周波数的に広がりを持つ信号を得るウェーブレット解析手段と、前記ウェーブレット解析結果の信号に対して統計的評価又はパターン識別により前記機器の異常・正常の診断を得る異常診断手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0006】

【作用】 監視信号に対するフーリエ解析に代えて、周波数・時間の両軸方向に分析が可能なウェーブレット解析を適用し、非定常及び過渡的な現象の分析を可能にし、異常状態の診断性能の向上を図る。

## 【0007】

【実施例】 図1は、本発明の一実施例を示す診断処理系のブロック図である。

【0008】 診断対象機器Dからの監視信号は、破線ブロックで示す診断処理系の前処理部1により周波数帯制

限やノイズ成分の取り除きがなされる。

【0009】 信号取り込み部2は、前処理部1を通した監視信号を取り込み、サンプリングとA/D変換によりデジタルデータ列に変換する。

【0010】 これら信号の取り込みには、制御装置3により信号取り込みトリガーの受付に対する取り込み指令発生という同期化がなされる。また、監視信号の取り込みに試験信号を注入してそのエコーなどを監視信号とするときは、診断対象機器に対して制御装置3が試験信号を注入する。

【0011】 ウェーブレット解析部4は、信号処理部2に得るデジタル信号に対してウェーブレット解析を施し、時間的・周波数的に広がりを持つ信号を得る。

【0012】 異常診断部5は、ウェーブレット解析により得られる時間的・周波数的に広がりを持つ信号に対し、統計的評価やニューラルネットなどによるパターン識別を行い、弁別指標の計算を行って正常例データ5Aとの比較を行い、弁別指標がしきい値を超えたか否かの判定を行い、機器の異常・正常の診断結果を得る。

【0013】 なお、制御装置3は、機器Dの正常なケースについて、同様の診断処理操作を施し、正常な場合の統計的評価や、正常か異常かの弁別指標のしきい値、ニューラルネットの学習などを行い、正常例保持指令によって正常例データ5Aに保存しておく。

【0014】 以上のように、本実施例では、監視信号をウェーブレット解析し、この解析結果から異常診断を行う。この診断フローチャートを図2に示し、異常検出後も診断を継続する場合も示す。

【0015】 本実施例による診断処理が従来のフーリエ解析に対して優位になることを確認するため、減衰振動になる監視信号についてシミュレーションを行った。この減衰振動は、振幅の減衰と共に周期の伸長（周波数の減衰）が同時に進行するもので、その時間変化の差異から異常診断を行った。

【0016】 このような振動は、図3に示すように、変位が大きくなるにつれて、復原力が非直線的に増大する場合に見られるもので、特別なものではなく、この減衰振動の信号は、以下の式により定式化される。

## 【0017】

【数1】  $Y = \sin(10X / \exp(bX)) \cdot \exp(-0.5X)$

Y: 振幅

X: 時間

b: 定数

この減衰信号は、図4に波形を示すように、保持する正常例は  $b = 0.10$  とし、異常例は  $b = 0.11$  とした。また、分析の範囲は、時間  $t = 0 \sim 2.5$  までの振幅の比較的大きな区間とした。この範囲において、 $X = 0$  のとき周期は  $0.1$  であり、 $X = 2.5$  のときの周期は  $0.128$  ( $b = 0.10$ )、 $0.131$  ( $b = 0.11$ ) で

ある。

【0018】これら周期がカバーされるように、従来手法であるフーリエ解析（サイン関数を基底としたパワースペクトル）と、ウェーブレット解析（ガボール関数を基底としたパワースペクトル）を行い、規格化されたパワースペクトル $P_{1i}$ （正常例）と $P_{2i}$ （異常例）について（ $i$ はスペクトルの添字）、

【0019】

【数2】

$$\sum_i |P_{1i} - P_{2i}| / 2$$

【0020】を正常例との差異を示す弁別指標として、各解析手法の効果を比較した。

【0021】この結果、フーリエ解析での弁別指標値は0.096であったが、ウェーブレット解析では0.174となり、ウェーブレット解析のほうが正常例と異常例の差異の検出により敏感となって異常診断を有効にすることができる。

【0022】また、図5にフーリエ解析及び図6にウェーブレット解析による周波数解析のパワースペクトルをグラフ化して示し、このグラフからも明らかなように、フーリエ解析では周期の差異が不明瞭であるのに対し、ウェーブレット解析では周期変化の差異がより明瞭化さ

れている。

【0023】

【発明の効果】以上のとおり、本発明によれば、監視信号に対するフーリエ解析に代えて、周波数・時間の両軸方向に分析が可能なウェーブレット解析により異常診断データを得るようにしたため、従来のフーリエ解析では検出の難しかった時間変化の激しい信号についても周波数解析が可能となり、異常状態の診断性能の向上を図ることができる。

#### 10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す処理系のブロック図。

【図2】実施例の処理フローチャート。

【図3】検出信号の非線形振動の特性図と波形図。

【図4】分析波形例。

【図5】非線形振動のフーリエ解析例。

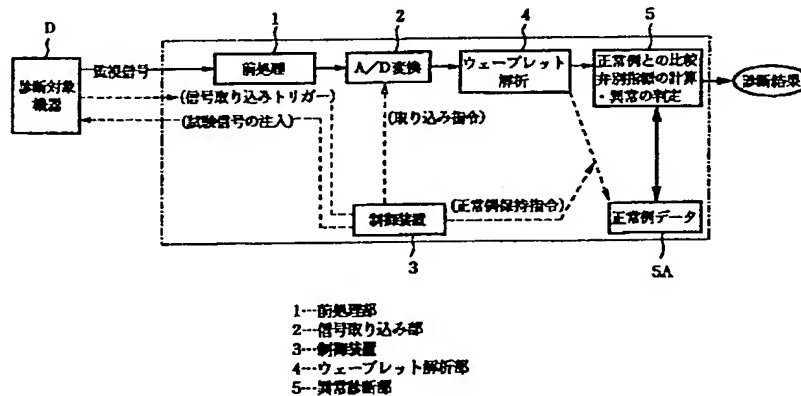
【図6】非線形振動のウェーブレット解析例。

【符号の説明】

- 1…前処理部
- 2…信号取り込み部
- 3…制御装置
- 4…ウェーブレット解析部
- 5…異常診断部
- 5A…正常例データ

【図1】

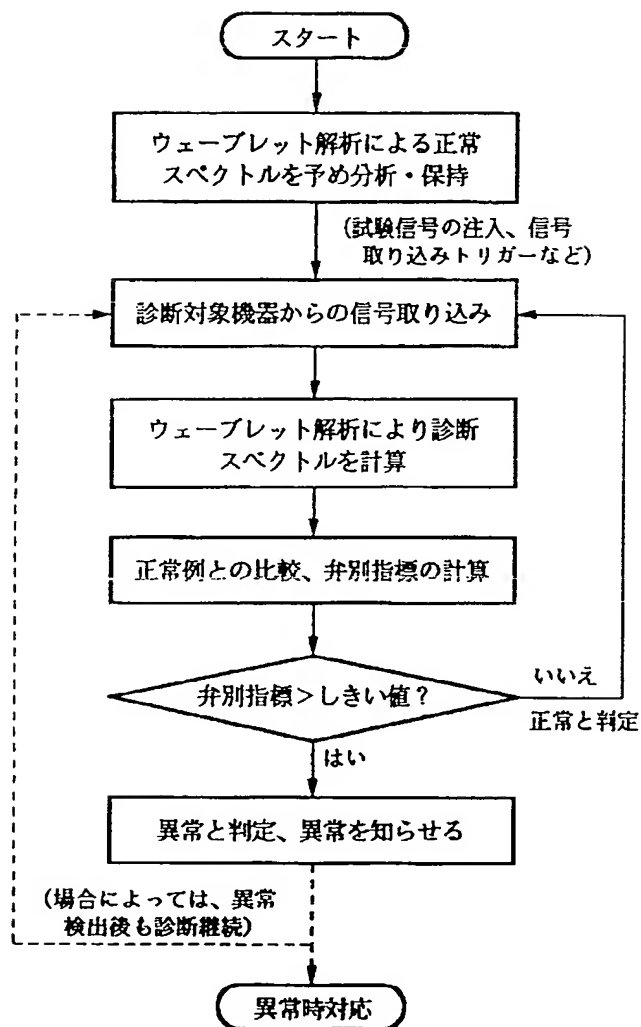
処理系のブロック図





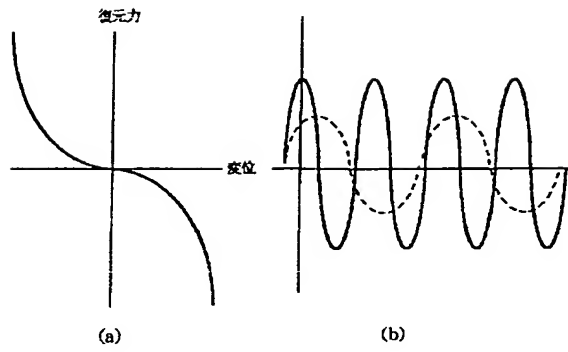
【図2】

## フローチャート



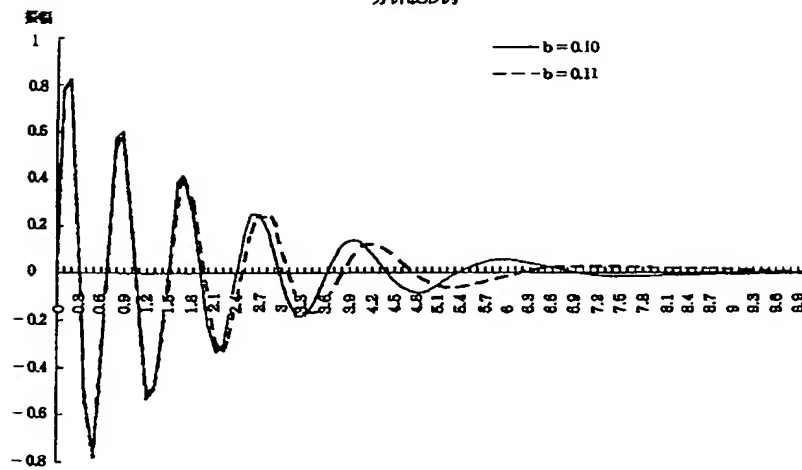
【図3】

非線形振動

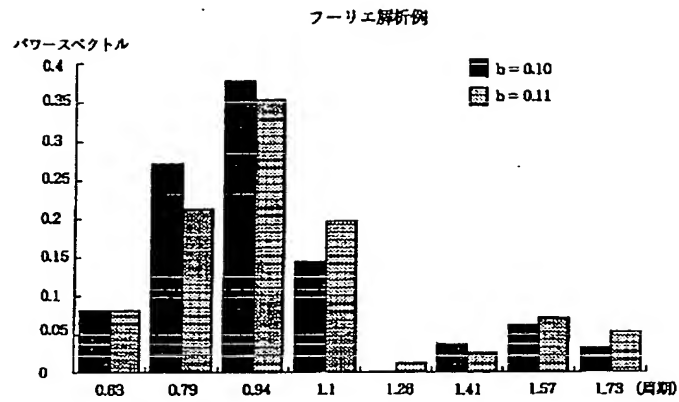


【図4】

分析波形例



【図5】



【図6】

